

上篇 总论

第一章

儿童骨骼损伤的一般情况

儿童损伤在临床很常见，而骨骼损伤则占儿童损伤的 10% ~ 15%，忽略或治疗不当可能导致骨骼的生长畸形。儿童有其生理特点，在骨骼发育的不同时期发生的骨折和骨骼成熟阶段的骨折显著不同，临床必须根据其特点给予精心的治疗。

第一节 儿童骨骼损伤与成人骨骼损伤的基本差别

一、基本差别

1. 特殊表现

未成熟骨骨折与成熟骨骨折不同：

- (1) 较轻微的损伤更容易产生骨折。
- (2) 骨膜较厚较坚强，生物学更加活跃。
- (3) 骨骺具有不透 X 线性。
- (4) 某些成角畸形可自行矫正。

- (5) 并发症不同。
- (6) 治疗方法的重要性不同。
- (7) 关节损伤、脱位或韧带断裂极不常见。

2. 主要差别

(1) 骺板、骨化中心一些生长区损伤可导致明显的急性或慢性生长障碍。

(2) 骨干和干骺端的正常再塑形过程能矫正某些畸形愈合，使解剖复位对于儿童不及成人重要，但只要可能，仍要争取达到准确的解剖复位。

(3) 骨折后干骺端、骺板和骨髓的血液循环的增加及骨膜的环形断裂，破坏了对骺板纵向生长的制约而刺激骨的纵向生长。

(4) 儿童有厚而成骨能力很强的骨膜，血液供应丰富，骨折愈合更迅速。

(5) 对儿童要随访到骨骼成熟才能得到有价值的结论，否则有可能出现生长畸形而未能发现。

3. 年龄的影响

儿童不同年龄组各自有典型的损伤形式。

(1) 胎儿期：当胎儿位置不正时，受到子宫内的慢性应力可使骨与关节的形状改变，如畸形足、髋关节发育不良、长骨胎内弯曲等。

(2) 产伤可发生骨干和骺软骨的损伤。如肱骨骨折、股骨骨折、颈骨骨折。1岁以内骨折很少见，可有抱婴儿引起的长骨干骨折。

(3) 2岁以后常发生骨折，但可因年龄而有所变化。

如桡骨骨折可有随年龄增长而由骨干和干骺端转移到远端骺板。儿童上肢骨折发生率比下肢骨折多 7 倍。

(4) 儿童骨生长停止年龄的个体差异很大,测定骨龄对判定损伤的后果有决定性作用。

4. 运动的影响

儿童比成人更加活跃好动,一旦疼痛消失常忘记肢体受伤而回到正常活动中,易破坏固定物,而影响骨折的修复。

二、生物学上的差别

儿童骨骼处于更为不稳定的动态之中,经常改变生长方向。成人骨骼已停止增长和增粗,只进行再塑形以适应对应力的反应。其主要差别涉及解剖学、生理学和生物力学三个方面。

1. 解剖学

儿童的骨——软骨骺是软骨内化骨有不同的 X 线透性,诊断较困难。骨骺经常在变化。长轴和直径在生长,和其他部分之间的力学关系经常发生改变,断裂的形式也随之而改变。儿童的骨膜较厚,容易从骨干和干骺端被掀起,并具有更大的成骨能力。同一骨内的不同区域存有相对差别,使某些区域更易产生骨折,同时也影响骨折愈合的过程。

2. 生理学

儿童的骨骼进行着迅速的的生长和再塑形。骨折愈合迅速,可出现过度生长,某些成角畸形可能完全纠正。一

旦损伤了骨的某生理功能可能损害其以后的生长和发育。

3. 生物力学

发育中骨的骨皮质密度的增加和骨小梁骨和皮质骨比例的变化。儿童骨的多孔性较成人大，可能阻止骨折的蔓延，故儿童不常发生粉碎性骨折。骨骺骨化中心内骨量的增加改变骨骺的应力应变形式，在骺板处形成的软骨下板也可改变其对骨折的反应。成人骨通常在受张力后断裂，儿童骨常在受张力和压力后断裂。

三、儿童骨骼损伤的治疗

儿童骨折的致伤因素较单纯，治疗方法一般要简单些，应强调闭合复位。因儿童骨骼经再塑形功能，闭合复位保持正常对位，可产生良好的最佳解剖和功能效果。除累及关节和骨骺的骨折外，一般不需绝对的解剖复位。保守治疗不能获得可接受的结果的，可采用手术治疗。多种类型的骺板和骨骺骨折，最好用开放复位和内固定。

四、儿童塑形情况

儿童骨折容易治疗，但不一定都能塑形，有时结果差。对骨折和骨骺损伤后的畸形的再塑形功能取决于三个基本因素：①儿童的年龄；②骨折与骨端的距离；③成角的程度。轴向的畸形、幼儿、较接近骺板者再塑形能力较好。侧方移位和缩短的再塑形能力较好。旋转畸形不能矫正。骨折移位的轴线和关节活动平面垂直，以及通过骺板的移位骨折，再塑形不会有帮助。

五、并发症

儿童骨骼损伤的并发症主要是生长区损伤的特殊问题。与成人不同的是愈合能力较强，延迟愈合和不愈合很少见；关节僵硬、再骨折、骨化性肌炎比成人少。

第二节 骨骼发育的解剖和生理

儿童期易于遭受不同类型的骨折。因为发育中的不成熟骨与成人的相对静止的成熟骨相比在结构上和功能上有较大的差别。在同一根骨的内部解剖上宏观和微观的变化会产生不同的骨折形式，并影响骨骺、骺板、干骺端和骨干。通过对发育中骨骼的各种软骨骨成分的解剖学和生理学了解，特别是对随时间和生长的进展从新生儿的生物学上有弹性的骨骼衍变成成人的坚硬的骨骼的过程的了解，可以深入地了解骨骼肌肉系统的损伤。

一、骨的发育

骨骼的发育一般有两种形式：膜内化骨和软骨内化骨。

（一）膜内化骨

在胚胎期，所有的骨骼结构最初由间质细胞的集聚而构成。这些细胞一部分转化为纤维细胞而直接骨化形成由膜衍变的骨，称为膜内化骨。膜内化骨由结构上类似分化雏形骨的间质细胞组成。血管侵入发生骨的间充

质的基质中，间充质细胞分裂增殖，形成一层较为致密的结缔组织膜，该处间充质细胞分化成成骨细胞，成骨细胞分泌的细胞间质伸出长突起、彼此接触，制造出一种纤维性的细胞间基质，基质迅速钙化，随后骨化形成初级骨小梁。而后，骨化从初级骨化中心迅速扩散，使更大面积被骨化。骨小梁主要沿最大的应力线排列。锁骨是胎儿首先出现的膜内化骨，其次是下颌骨，在早期膜内化骨已充分形成之后，两者最后均成为透明软骨并部分转化为软骨内化骨。这种后来出现的软骨称为继发性软骨。实际上在所有的骨骼中都有膜内化骨，为继发性膜内化骨。在发育的过程中管状骨的皮质骨逐渐为专门的间质分化形成骨膜和软骨膜，包绕软骨—骨模型。骨髓炎中，原始骨干变为死骨，被掀起的骨膜形成新的骨壳即是一个原始的膜内化骨的过程。这种膜内化骨的过程是一个生理性骨折愈合的主要一步，特别是对于儿童而言。

（二）软骨内化骨

软骨内化骨就是指原先存在的软骨组织连续地被骨组织替代。是躯干和四肢的骨骼成分的初级骨形成的过程，正常骨折的愈合过程中也重现这一过程。首先间叶细胞增殖并密集形成骨的雏形，这些细胞很快分化为软骨细胞，位于软骨中央的软骨细胞排列成行，体积增大，细胞质中呈现空泡，基质减少，钙盐沉淀形成钙化软骨基质，形成初级骨化中心。同时初级骨化中心外的软骨膜内层细胞，分化为成骨细胞在骨干周围造骨，不久骨外膜中血管的分支连同间充质细胞、成骨细胞及破骨细

胞进入初级骨化中心，溶解此处已钙化的软骨基质，残留的钙化软骨基质形成网状隙，成骨细胞在其表面继续造骨形成骨小梁，最后将成为骨干和干骺端。通过软骨内的管道系统使软骨骺血管化，在软骨骺内出现一个或数个二级骨化中心。

二、儿童骨的解剖

儿童的长骨可分为骨干、干骺端、骨骺和骺板四个解剖区(图 1-1)。由基本软骨内化骨而来，但沿骨干有膜内化骨补充。不同区域遭受的损伤也不同。随年龄的增长其生物力学能力相应变化，内在的对损伤的易感性也发生变化。

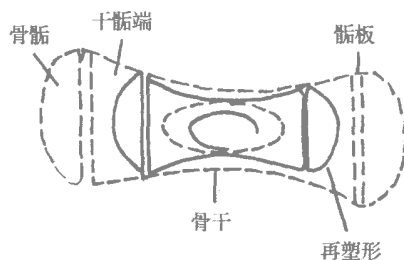


图 1-1 生长中管状骨的代表性分区

1. 骨干

骨干是每根长骨的皮质骨组庄的主要部分，它主要由骨外膜膜内化骨组织贴附于原有的软骨模型上产生的，也是骨内膜化骨再塑形和骨形成的产物。出生时主

要由胎儿编织骨组成，没有哈佛系统。出生后则有骨外膜膜内生成骨和骨内膜的再生塑形同时存在，骨干直径扩大，骨皮质厚度增加，骨髓腔形成并扩大，并逐渐产生哈佛氏系统，增加硬度。与成熟骨相比其骨膜厚得多，更富于血管，更松弛地附着于骨干，在遭受损伤后更快地形成骨痂。

2. 干骺端

干骺端是骨干两端不同形状的扩张部分，骨皮质厚度减少，松质骨组成的骨小梁增加。干骺端的骨更新更快。这种解剖特征使其可能产生隆凸骨折而不产生完全的干骺端或骨骺、骺板的骨折。骨膜在干骺端附着牢固。

3. 骨骺

出生时，除股骨远端外，骨骺都于长骨的两端呈完全软骨性结构，称软骨骺，随着软骨骺的骨化称为软骨—骨骺，简称骨骺。每一软骨骺在特定的时间内出现二级骨化中心，并逐渐增大，直到骨骺成熟后整个软骨骺被骨组织所替代，只剩下关节软骨。软骨骺内二级骨化中心的发生发展易于形成该区特定的骨折。关节软骨不具备骨化能力。

4. 骺板

骺板是软骨内化骨的主要结构。大多数骺板在发育过程中轮廓保持相似，少数有较大改变，如肱骨近端骺板从开始的横形变成高度曲线的结构，股骨远端由横形变成双隆突状。骺板软骨在生理性融合前呈透 X 线性。骨化中心的靠骺板区形成一孤立的软骨下骨板，骨骺血管

穿过此骨板达到骺板。大体上看骺板有两种基本类型：一种呈盘状，另一种呈球状。大长骨的初级骺板大多呈盘状，其主要功能是产生快速的纵向生长。盘状骺板会形成一些小指突状软骨伸向干骺端，增加骺板抗剪力的能力。短管状骨的远端的骺板在生长中呈球状，对纵向生长作用很少，能使骨端的轮廓扩大。腕骨，跗骨中也可见到球形骺板，是骨骺骨化中心的主要生长机构。经逐渐离心性的扩张而渐渐达到该骨或骨骺的外形。

5. 骺板的组织结构

(1) 生长带

直接进行骨的纵向和横向生长的部位，生长带内发生细胞分裂和新细胞形成。其内含有纤维血管组织；未分化的间质细胞；已分化的骨骺和骺板软骨；和 Lacroix 骨环。紧靠静止细胞层，有活跃的细胞分裂层，以纵向生长为主形成早期的细胞柱。在活跃的骺板中细胞柱可能构成整个骺板的厚度的一半。在柱状细胞间胶原逐渐呈纵向排列。对这一带的损伤可对正常的生长产生严重的长期后果。

(2) 软骨成熟带

位于生长带的近骨中心区，这一带细胞间质的形成增加，由与软骨内化骨有关的独特的胶原构成，尔后钙化，软骨细胞肥大被成骨细胞替代。

(3) 软骨变形带

软骨基质钙化，干骺端血管破坏横的软骨隔，侵入胞柱，沿柱间基质形成初级松质骨，再发展为更成熟的二

级松质骨。这是细胞肥大和变形的区域，在结构上软弱力学上不稳定，在骺板骨折时易遭损伤（图 1-2）。

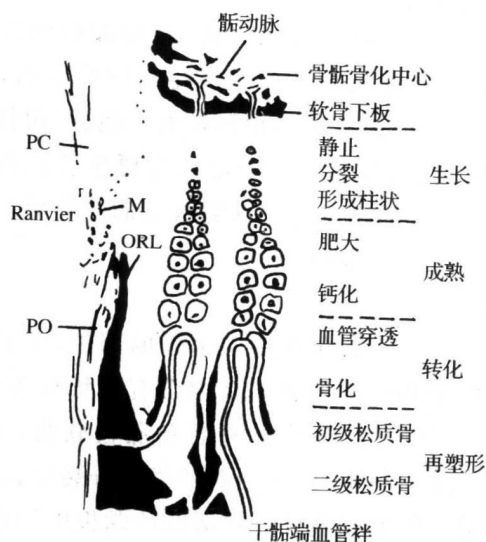


图 1-2 骺板的结构

M—未分化间叶细胞 PO—骨外膜 PC—软骨膜 ORL—Lacroix 骨环

第三节 骨的血液供应

发育中的骨血液供应极为丰富，来自三个方面：①骨端、骨骺和干骺端；②进入骨干的滋养动脉；③骨膜的血管。

骺板的血液供应来自三个方面：骺血管；干骺端血管；③Ranvier 区软骨膜血管。

一、骨骺血管供应

骨骺的血管供应经由一种特殊结构——软骨管，其内有一条中央动脉，并伴行一条或几条静脉和围绕中央毛细血管丛，在终动脉末端呈小球丛状。软骨管有重要的功能和特点：各自供应骨骺和骺板内的独立区域；

管内的间叶组织为软骨骺的继续组织间膨胀提供成软骨细胞；③为含有肥大细胞的正在分化的透明软骨围绕形成骨化前的内部结构网；④对二级骨化中心的形成起重要作用。二级骨化中心形成并扩大时终末动脉的管道系统之间吻合。二级骨化中心扩大形成软骨下骨板时，小血管穿透该板供应骺板（图 1-3）。

如果骨骺血管有一段暂时或永久性损害，相应的生长带就不能进行细胞分裂，受累区域生长缓慢或停止，造成成角畸形。

二、干骺端的血液循环

干骺端的血液供应来自供应中央区的滋养动脉和供应周围区域的软骨膜血管，这两个系统的终末部分形成一系列袢，在骨小梁间穿透，到达骺板肥大带的边缘。

干骺端血液循环的中断对骺板内开始的软骨生成和随后的软骨成熟没有影响，但软骨向骨的转变则被阻断，造成受伤的软骨不能为骨所替代，软骨细胞柱增加，使伤

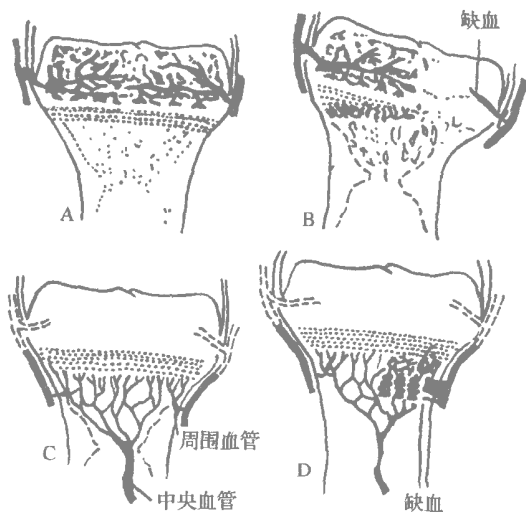


图 1-3 骨骺和干骺端血液循环形式图解

- A. 骺血管进入骨骺，分布于其骨化中心，还供应骺板生发细胞或跨过软骨下板进入骺板
- B. 若骺血管被切断，发生细胞缺乏营养，将减慢或停止细胞分裂，而血液供应良好的一部分骺板则继续生长，导致偏心性生长
- C. 干骺端血液循环来自周围和中央血管（滋养动脉），这对骺板肥大区的血管侵入是必不可少的
- D. 若干骺端周围血管断裂，骺板将继续生长，不发生成角生长，但该处骺板异常增厚，细胞柱增高，软骨进入干骺端，而邻近骺板则正常

区软骨变厚。一旦血液循环重建，变厚的预备钙化带便迅速被血管穿透而骨化，骺板恢复正常厚度。干骺端血液循环损伤后，对骺板的纵向和横向的生长影响极小。

三、软骨膜的血管网环绕每一个骺板

对骺板周围的贴附性生长必不可少，某些骺板损伤时，软骨膜血管断裂可导致骺板周围某一区域缺血，产生偏心性和局限性过早融合。

第四节 儿童骨骼的生物力学

在儿童的日常活动和生长中，包括软骨和骨的骨骼受到各种形式复杂的力，可引起骨的微变形，并有相应的生物学反应，如骨髓和骺板的软骨为骨组织替代，骨组织的量的增加，骨小梁方向的改变和不同组织学类型的骨的量变。这种局部微变形称为应变，局部力的强度点称为应力。这种应力是骨和软骨对变形的内阻抗不能直接测量，可考虑为单位面积所加的力，施加力的速度也很重要。

生理应力对骺板和二级骨化中心的持续和有秩序的发育是必需的。骨髓骨化中心的发育首先受遗传的控制，也受生物力学的控制。在特定的时间在软骨骨髓内的某一区域在关节应力积累达到最大量，在有充分血液供应的区域，刺激骨的生成，形成骨化中心。如果力量不足，骨化过程可能延迟、不规则或于偏心位。如先天性髋脱位和先天性桡骨头脱位。正常情况下骨内有三种应力：张力、压力和剪力。当这些力超过生理应力范围时会发生断裂。

每一个骺板内有压力、张力反应的正常生物学范围，在生理限度内骨的压力或张力的增加能加速骨的生长，压力可能比张力引起更快的生长，超生理限度时生长可显著减慢或停止。

每一个骺板在外部都有坚强的骨膜连接，内部有位于骺板和干骺端之间的波浪形和乳突状突起。骺板抗牵拉力最大而抗扭转的力最小，年龄和施加力的方向也是很重要的。骨膜控制骺板的内部解剖因素，关节反应力对纵向生长的刺激受骨膜内在张力性约束的调节。骨折时因失去骨膜的约束产生过度生长。

发育中的骨和软骨对致伤力的反应主要受四个内部因素的影响：①吸收能量的能力；②弹性模量；③疲劳强度；④密度。这些因素又受不断成熟期的骨的变化影响，随着二级骨化中心的不断增大影响骺板的吸收能力。年龄较大的儿童骺板损伤的发生率高。骨的抗拉强度和弹性模量在整个生长过程中也不断增加，而劳损和骨折则略降低。但儿童的弹性模量和抗折强度比成人低。

儿童的皮质骨随年龄的增长渐趋成熟，不同部位骨的强度和硬度分布逐渐转移，由年轻时皮质骨中心硬度最强逐渐向骨外膜转移。

骨的弹性模量和抗折力与胶原纤维的方向和数量成正比，具有纵向纤维的骨在张力下较强，横向纤维的骨单位在压力下较强。儿童正处于不同骨单位的形成过程，有更多的开放骨单位，在压力时也折断。在干骺端和易产生青枝骨折和单纯塑性变形部位。而成人骨主要在张

力时折断。儿童骨上的小孔对骨折线的延伸也有进一步的影响。

皮质骨抗压力比抗张力强，抗绕轴旋转的剪力、抗拉强度小，抗疲劳性差。骨能承受塑性变形的程度随年龄增长而降低，皮质骨较薄的骨的塑性变形的程度比皮质骨厚者大。

折弯应力在发育的管状骨中常引起不完全骨折。轴向或压缩负荷过大时也可导致永久性的损伤——塑性变。骨组织压缩为其长度的 10% ~ 12%，仍保留外形的完整。在张力负荷下延长 2% ~ 7% 也可导致塑性延长。骨的塑性变为一种微骨折，大约与负荷的方向呈 35° 角，为永久性损害。其对折弯负荷的反应减弱。

儿童期骺软骨板的强度远不及韧带和关节囊，是肌腱和关节囊的 1/2 ~ 1/5，作用于关节部位的力在引起韧带和关节囊断裂前已引起骨骺的损伤。故在儿童常见骺板损伤而韧带损伤较少。

第五节 骨骺的损伤

儿童期骨骺部位的损伤占儿童骨折中的 6% ~ 15%，可发生在儿童期的任何年龄，以快速生长期最为常见。以男孩 12 ~ 13 岁，女孩 9 ~ 12 岁多见。男孩多于女孩，因男孩接触的致伤因素多。在长骨中，远端骺板比近端骺板损伤多。